





# INTERLEAVING CIRCUIT

**Patent number:** JP61260468  
**Publication date:** 1986-11-18  
**Inventor:** TAKAGI YUJI; others: 02  
**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
**- International:** G11B20/12  
**- european:**  
**Application number:** JP19850101823 19850514  
**Priority number(s):**

Also published as:

 EP0202571 (A2)  
 US4742517 (A1)  
 EP0202571 (A3)  
 EP0202571 (B1)

## Abstract of JP61260468

**PURPOSE:** To minimize the degradation of the error correcting capability of a product code by writing the product code in memory areas arranged in a matrix and reading out demodulated data from them by the first address generating means and reading out the product code and writing demodulated data by the second address generating means.

**CONSTITUTION:** The address of a memory area in the i-th row and the j-th column out of (nXm)-number of storage areas arranged in a matrix is defined as (Ri, Cj), and a means which writes the product code in memory areas by the first address generating means generating the first address sequence expressed with a formula 1 and reads out memory areas by the second address generating means generating the second address sequence expressed with a formula 2 and performs interleaving and a means which writes demodulated data in memory areas by the second address generating means and reads out them by the first address generating means and performs de-interleaving are provided. Thus, the degradation of the error correcting capability of the product code is minimized even if the modulating system causing erroneous propagation is used.

$$\begin{aligned}
 & (R_1, C_1), (R_2, C_1), (R_3, C_1), \dots, (R_m, C_1), \\
 & (R_1, C_2), (R_2, C_2), (R_3, C_2), \dots, (R_m, C_2), \\
 & \vdots \\
 & (R_1, C_n), (R_2, C_n), (R_3, C_n), \dots, (R_m, C_n)
 \end{aligned} \quad 1$$

$$\begin{aligned}
 (R_1, C_1, \dots) & \left( \begin{array}{l} \text{行列 } k=1, 2, \dots, m, \text{ 列 } l=1, 2, \dots, n \\ j_1(R_1) \neq j_2(R_2), \dots, (j_{k-1}, j_k \in \{1, 2, \dots, n\}) \end{array} \right) \\
 (R_2, C_1, \dots) & \left( \begin{array}{l} \text{行列 } k=1, 2, \dots, m, \text{ 列 } l=1, 2, \dots, n \\ j_2(R_2) \neq j_3(R_3), \dots, (j_{k-1}, j_k \in \{1, 2, \dots, n\}) \end{array} \right) \\
 \vdots \\
 (R_m, C_1, \dots) & \left( \begin{array}{l} \text{行列 } k=1, 2, \dots, m, \text{ 列 } l=1, 2, \dots, n \\ j_m(R_m) \neq j_1(R_1), \dots, (j_{k-1}, j_k \in \{1, 2, \dots, n\}) \end{array} \right)
 \end{aligned} \quad 2$$

$$\begin{aligned}
 & \text{行列 } k=1, 2, \dots, m, \text{ 列 } l=1, 2, \dots, n \\
 & j_1, j_2 \in \{1, 2, \dots, n\}, \dots, j_{k-1}, j_k \in \{1, 2, \dots, n\} \\
 & \text{行列 } k=1, 2, \dots, m, \text{ 列 } l=1, 2, \dots, n \\
 & j_1(R_1) \neq j_2(R_2), \dots, j_m(R_m) \neq j_1(R_1) \\
 & (行列 = \text{行番号} \times \text{列番号} + 1 \text{ のように、以下同様に用いる。})
 \end{aligned}$$

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭61-260468

⑮ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)11月18日

G 11 B 20/12

8524-5D

審査請求 未請求 発明の数 1 (全16頁)

⑭ 発明の名称 インターリーブ回路

⑯ 特 願 昭60-101823

⑰ 出 願 昭60(1985)5月14日

⑱ 発 明 者 高 木 裕 司 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑱ 発 明 者 佐 藤 勲 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑱ 発 明 者 杉 村 立 夫 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑲ 出 願 人 松下電器産業株式会社 門真市大字門真1006番地  
 ⑲ 代 理 人 弁理士 中尾 敏男 外1名

## 明 細 書

## 1、発明の名称

インターリーブ回路

## 2、特許請求の範囲

(1)  $(m \times n)$  の行列状に配置された記憶領域と、  
 前記記憶領域の第1行、第1列のアドレスを  
 $(R_1, C_1)$  とする時、以下の第1のアドレスシー  
 ケンス：

$(R_1, C_1), (R_2, C_1), (R_3, C_1), \dots, (R_m, C_1),$   
 $(R_1, C_2), (R_2, C_2), (R_3, C_2), \dots, (R_m, C_2),$   
 $\vdots$   
 $(R_1, C_n), (R_2, C_n), (R_3, C_n), \dots, (R_m, C_n)$

を発生する第1のアドレス発生手段と、以下の第  
 2のアドレスシーケンス：

$$\begin{aligned}
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし } k=1, 2, 3, \dots, n, \quad J_1(k) \text{ は } n \text{ 以下の自然数,} \\ (R_1, C_{J_1(k)}) \\ J_1(k_1) \neq J_1(k_2), \quad (k_1, k_2 \in k, k_1 \neq k_2) \end{array} \right) \\
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし } k=1, 2, 3, \dots, n, \quad J_2(k) \text{ は } n \text{ 以下の自然数,} \\ (R_2, C_{J_2(k)}) \\ J_2(k_1) \neq J_2(k_2), \quad (k_1, k_2 \in k, k_1 \neq k_2) \end{array} \right) \\
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし } k=1, 2, 3, \dots, n, \quad J_m(k) \text{ は } n \text{ 以下の自然数,} \\ (R_m, C_{J_m(k)}) \\ J_m(k_1) \neq J_m(k_2), \quad (k_1, k_2 \in k, k_1 \neq k_2) \end{array} \right) \\
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし,} \\ \text{に對し} \\ m_1, m_2 \in (1, 2, \dots, m), \quad m_1 \neq m_2 \\ k_1, k_2 \in (1, 2, 3, \dots, n) \\ J_{m_1}(k_1) - J_{m_2}(k_2) \text{ ならば } J_{m_1}(k_1+1) \neq J_{m_2}(k_2+1) \\ \text{(ただし " " は "任意の" を意味するものとし、以下同様の意味で用いる。)} \end{array} \right)
 \end{aligned}$$

を発生する第2のアドレス発生手段と、符号長 $m$ の第1の符号と、符号長 $n$ の第2の符号により構成された積符号を前記第1のアドレス発生手段により前記記憶領域に書き込み、前記第2のアドレス発生手段により読出しを行い変調データとして送出することにより、インターリーブを行う手段と、復調データを前記第2のアドレス発生手段により前記記憶領域に書き込み、前記第1のアドレス発生手段により再生データとして送出することにより、デ・インターリーブを行う手段とを有することを特徴とするインターリーブ回路。

(2)  $(m \times n)$ の行列状に配置された記憶領域の列アドレスを、相異なるガロア体の各エレメント

$$a_1, a_2, \dots, a_L$$

(ただし、 $a_1, a_2, \dots, a_L$ の周期を $L_1, L_2, \dots, L_L$ とする時、 $n = L_1 \times L_2 \times \dots \times L_L$ 、 $L_1, L_2, \dots, L_L$ は互いに素

を独立変数とし、各ガロア体からの非ゼロ元のエレメントの組み合わせにより定義するとき、第1のアドレス発生手段および第2のアドレス発生手

の生成規則により生成することを特徴とする特許請求の範囲第2項記載のインターリーブ回路。

(4)  $(m \times n)$ の行列状に配置された記憶領域の列アドレスを、相異なるガロア体の各エレメント

$$a_1, a_2, \dots, a_L$$

(ただし、 $a_1, a_2, \dots, a_L$ の周期を $L_1, L_2, \dots, L_L$ とする時、 $n = L_1 \times L_2 \times \dots \times L_L + 1$ 、 $L_1, L_2, \dots, L_L$ は互いに素

を独立変数とし、各ガロア体からの非ゼロ元のエレメントの組み合わせと、すべてがゼロ元である組み合わせにより定義するとき、第1のアドレス発生手段および第2のアドレス発生手段は前記ガロア体の乗算により列アドレスを発生する手段を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のインターリーブ回路。

(5) 第2のアドレス発生手段は、第2のアドレスシーケンスの列アドレスを

$$C_{J_1}(k) = C_{J_2}(k) = \dots = C_{J_m}(k) = 0; (k=1)$$

$$C_{J_1}(k) = (a_1^{h_1(1)k}, a_2^{h_2(1)k}, \dots, a_L^{h_L(1)k}); (k=2, 3, \dots, n)$$

段は前記ガロア体の乗算により列アドレスを発生する特許請求の範囲第1項記載のインターリーブ回路。

(3) 第2のアドレス発生手段は、第2のアドレスシーケンスの列アドレスを

$$C_{J_1}(k) = (a_1^{h_1(1)k}, a_2^{h_2(1)k}, \dots, a_L^{h_L(1)k}); (k=1, 2, \dots, n)$$

$$C_{J_2}(k) = (a_1^{h_1(2)k}, a_2^{h_2(2)k}, \dots, a_L^{h_L(2)k}); (k=1, 2, \dots, n)$$

⋮

$$C_{J_m}(k) = (a_1^{h_1(m)k}, a_2^{h_2(m)k}, \dots, a_L^{h_L(m)k}); (k=1, 2, \dots, n)$$

ただし、

$$h_1(m_1) \text{ は } L_1 \text{ と互いに素 } (m_1=1, 2, \dots, m)$$

$$h_2(m_1) \text{ は } L_2 \text{ と互いに素 } (m_1=1, 2, \dots, m)$$

⋮

$$h_L(m_1) \text{ は } L_L \text{ と互いに素 } (m_1=1, 2, \dots, m)$$

であり、また

$$m_1, m_2 \in (1, 2, \dots, m), m_1 \neq m_2$$

に対し、

$$(h_1(m_1), h_2(m_1), \dots, h_L(m_1)) \neq (h_1(m_2), h_2(m_2), \dots, h_L(m_2))$$

$$C_{J_2}(k) = (a_1^{h_1(2)k}, a_2^{h_2(2)k}, \dots, a_L^{h_L(2)k}); (k=2, 3, \dots, n)$$

⋮

$$C_{J_m}(k) = (a_1^{h_1(m)k}, a_2^{h_2(m)k}, \dots, a_L^{h_L(m)k}); (k=2, 3, \dots, n)$$

ただし

$$h_1(m_1) (m_1=1, 2, \dots, m) \text{ は } L_1 \text{ と互いに素}$$

$$h_2(m_1) (m_1=1, 2, \dots, m) \text{ は } L_2 \text{ と互いに素}$$

⋮

$$h_L(m_1) (m_1=1, 2, \dots, m) \text{ は } L_L \text{ と互いに素}$$

であり、また

$$m_1, m_2 \in (1, 2, \dots, m) \quad m_1 \neq m_2$$

に対し

$$(h_1(m_1), h_2(m_1), \dots, h_L(m_1)) \neq (h_1(m_2), h_2(m_2), \dots, h_L(m_2))$$

の生成規則により生成することを特徴とする特許請求の範囲第4項記載のインターリーブ回路。

### 3、発明の詳細を説明

産業上の利用分野

本発明は光ディスクファイル等の情報記録再生装置に用いられる積符号の符号、復号装置に密接

な関係のあるインターリーブ回路に関するものである。

#### 従来の技術

ディジタル情報データの伝送または記録に際しては、様々な要因によりデータに誤りが付加される。このため一般に情報機器に於ては、この誤りを防止するという観点から誤り訂正符号を用いる。更に、伝送するための通信路または記録するための記録媒体の信頼性・誤り特性があまり良くない場合にはランダム誤りとバースト誤りが混在する、いわゆる、複合誤りを訂正する必要が生じる。そこで、インターリーブによりバースト誤りをランダム化し、ランダム誤り訂正を行なう方法がとられる。積符号は、その訂正能力に比べ構成要素の符号の復号が容易であるという特徴をもち、複合誤り訂正のためのインターリーブとよく調和するため、ディジタル情報データの伝送または記録のための誤り制御に用いられる。

第11図は積符号構成原理図を示すものであり、33は符号長 $m$ の第1の符号、34は符号長 $n$ の

第2の符号、35は情報データ、36はチェックデータである。また第12図は情報記録再生装置の一般的な構成を示すものであり、37は積符号の符号回路、38は積符号の復合回路、39はインターリーブ回路、40は変調回路、41は復調回路である。

以上の様に構成された情報記録再生装置に於て、記録時符号回路37により積符号化された符号データ7はインターリーブ回路39に送られ、インターリーブの後、記録データとして変調回路40に送られ、変調の後、記録される。一方、再生時には、再生データ45は、復調回路41によって復調の後、インターリーブ回路39により、デ・インターリーブされ、復号データ8として復号回路38に入力され、誤り訂正操作の後、訂正データ43として出力される。

従来、積符号を使った情報記録再生装置のインターリーブ回路に於ては、最大距離の<sup>分</sup>離のインターリーブが用いられている。すなわち、第11図に於て、第1行、第1列のシンボルを $S_{11}$ とすると、

$$S_{m1}, S_{m2}, S_{m3}, \dots, S_{mn}$$

の順に記録し、次に

$$S_{11}, S_{21}, S_{31}, \dots, S_{m1}$$

$$S_{12}, S_{22}, S_{32}, \dots, S_{m2}$$

$$S_{1n}, S_{2n}, S_{3n}, \dots, S_{mn}$$

の順に読み出すことにより、デ・インターリーブを行っている。

次に積符号の復号回路について述べる。積符号のような二つ以上の構成要素を有する符号においては、それぞれの構成要素の復号が有機的にかかわりあうことが必要である。たとえば、二つの符号により構成された積符号においては、第1の構成要素の符号の復号をした後、その結果を用いて第2の構成要素の符号の復号を行い、必要とあらば第1の構成要素の符号の復号にもどるというように、このような復号操作の繰り返しが必要となる。したがって、積符号の復号においては個々の

記録時には、記憶領域に

$$S_{11}, S_{21}, S_{31}, \dots, S_{m1},$$

$$S_{12}, S_{22}, S_{32}, \dots, S_{m2},$$

⋮

$$S_{1n}, S_{2n}, S_{3n}, \dots, S_{mn}$$

の順に記録し、次に

$$S_{11}, S_{12}, S_{13}, \dots, S_{1n}$$

$$S_{21}, S_{22}, S_{23}, \dots, S_{2n}$$

⋮

$$S_{m1}, S_{m2}, S_{m3}, \dots, S_{mn}$$

の順に読み出すことにより、インターリーブを行ない、再生時には、記憶領域に

$$S_{11}, S_{12}, S_{13}, \dots, S_{1n}$$

$$S_{21}, S_{22}, S_{23}, \dots, S_{2n}$$

⋮

構成要素の符号の復号は比較的簡単であるが、それらの復号を有機的に結びつけるアルゴリズムが複雑となり、一般的なアルゴリズムは与えられていない。しかしながら積符号の一つである最小距離2、および最小距離 $t$ の二つの符号により構成される最小距離 $2t$ の積符号の復号方法については、特願昭58-223601号(杉村他)によって、理論限界である $(t-1)$ シンボル以下の誤り訂正、および、 $t$ シンボル誤り検出のアルゴリズムが示されている。(以降、この特許を杉村の特許と呼ぶ。)

本発明のインターリーブ回路は、いかなる積符号の符号、及び復号回路にも適用できるものであるが、以後、説明上、復号回路を杉村の特許のアルゴリズムに従って説明を行う。

杉村の特許によれば、符号長 $m$ 、最小距離 $t$ の第1の符号と、パリティチェックサムにより構成された符号長 $n$ 、最小距離2の第2の符号によって構成される最小距離 $2t$ の積符号の復号において、まず最初に第1の符号の復号動作を行い、こ

の第1の符号の復号操作の過程から誤り個数フラグが生成される。すなわち、最小距離 $t$ の第1の符号においては、 $\lfloor \frac{t-1}{2} \rfloor$ 個以下の誤り訂正および $\lfloor \frac{t+1}{2} \rfloor$ 個以上の誤り検出が行なえる。ただし $\lfloor x \rfloor$ は $x$ を越えない最大の整数を示す。第1の符号の復号操作の過程において、次のような誤り個数フラグ $F_1$ を各場合に依りどれか一つたてる。

- ・誤りなし :  $F_0$
- ・一重誤り訂正 :  $F_1$
- ⋮
- ・ $\lfloor \frac{t-1}{2} \rfloor$ 重誤り訂正 :  $F_{\lfloor \frac{t-1}{2} \rfloor}$
- ・誤り検出 :  $F_{\lfloor \frac{t+1}{2} \rfloor}$

もし、第一の符号の訂正能力を越えた誤りが生じた場合には、誤り訂正不能で $F_{\lfloor \frac{t+1}{2} \rfloor}$ が立つか、誤った1重誤り訂正を実行し $F_1$ が立つかは不定である。以上のように $n$ 個の第一の符号の復号を行う。次に上記の $n$ 個の誤り個数フラグの統計処理をして、その結果により、3つの復号モードに

分類する。まず誤り個数フラグ $F_1$ を誤り個数毎にカウントする。ここで誤り個数フラグ $F_1$ の生じた個数を $C_1$ とすると次式のようになる。

$$\sum_{i=0}^{\lfloor \frac{t+1}{2} \rfloor} C_i = n$$

以下、統計処理、及びその後の処理の手順を説明する。いま $C_1$ の添字の1が大きなものより高い優先順位をつける。そして次に示すような復号モードに分類する。

(i) 復号モード1

$C_{\lfloor \frac{t+1}{2} \rfloor} \geq 2$ すなわち誤り検出を2回以上行った場合

(ii) 復号モード2

非零の最も優先順位の高い $C_1$ が1の場合

(iii) 復号モード3

上記二つのモード以外の場合

これら三つの復号モードにおいて、第2の符号を用いた誤り訂正操作または誤り検出操作は次のよ

うに行う。

(a) 復号モード1

無条件に訂正不能の誤りを検出したことをアサートする。

(b) 復号モード2

非零の最も優先順位の高い $C_1$ を1とした誤り個数フラグ $F_1$ が生じた第1の符号の列にポインタを立てる。そして再生系列の第2の符号におけるチェックサムをとり、ポインタの立った列に排他的論理和で加える。もしくはポインタの立った列を除いて第2の符号のチェックサムをとり、ポインタの立った列をそのチェックサムと置き換える。

(c) 復号モード3

再生系列の第1の符号におけるチェックサムをとる。

(i) チェックサムが零の場合

誤りなし

(ii) チェックサムが非零の場合

訂正不能の誤りを検出したことをアサート

する。

以上説明した杉村の特許のアルゴリズムに従って積符号を復号することにより、最小距離  $2t$  の積符号において、 $(t-1)$  シンボル以下の誤り訂正、および  $t$  シンボル誤り検出が可能となる。

以上説明した、積符号の復号のより具体的な例を次に述べる。

第 13 図は、符号長 15、最小距離 6 の第 1 の符号と、チェックサムをとることにより構成された符号長 106、最小距離 2 の第 2 の符号よりなる最小距離 12 の積符号の符号構成図である。

本例の積符号を前記杉村の復号アルゴリズムにより復号を行う場合を以下に述べる。

まず最初に第 1 の符号 46 の復号を行う。第 1 の符号は最小距離 6 であるので、2 個以下の誤り訂正、3 個誤り検出が可能である。従って、第 1 の符号 46 の復号過程において、以下の誤り個数フラグ  $F_1$  がたてられる。

・誤りなし :  $F_0$

・一重誤り訂正 :  $F_1$

26(III), 27(II), 29(IV)

復号モード 1 の場合は、無条件に訂正不能の誤りを検出したことをアサートする。復号モード 2 に類別された場合には、第 2 の符号 47 の復号によりすべて訂正される。また、復号モード 3 に類別された場合、26(II), 27(II), 29(IV) の場合は、チェックサムの検証により訂正不能の誤りを検出したことをアサートし、それ以外の場合はすべて訂正を行う。以上の様に、杉村のアルゴリズムに従えば最小距離 12 の積符号の理論限界である 6 重誤り訂正、6 重誤り検出が行える。

更に、通常用いられる、最大距離分離のインターリーブ方式の使用により、本例に於ては、インターリーブ深さが 106 であるので、最大 213 シンボル長のバースト状の誤り訂正を行うことができる。

発明が解決しようとする問題点

近年、CD、DAT 等のデジタルオーディオ、また、光ディスクファイル等の情報記録再生装置には、情報の大容量化のため高密度な記録方式が

・二重誤り訂正 :  $F_2$

・三重誤り検出 :  $F_3$

ここで第 14 図において 6 シンボル以下のすべての誤りパターンを示す。第 14 図においては積符号全体に生じた誤りの個数  $e$  と第 1 の符号 46 における誤りの個数により場合 (CASE) を分類している。そして第 1 の符号 46 の復号において生成される誤り個数フラグを各場合の下に示す。(ただし  $F_0$  は記していない。)

これらの場合を復号モードに分類すると次のようになる。

(a) 復号モード 1

28

(b) 復号モード 2

2, 4, 6, 7, 9, 10, 11(I), 11(II), 13, 14, 16(I), 16(II), 17, 18(I), 18(II), 18(III), 20, 21, 23(I), 23(II), 24, 26(I), 26(II), 27(I), 29(I), 29(II), 29(III)

(c) 復号モード 3

1, 3, 5, 8, 12, 15, 19, 22, 25,

用いられることが盛んになって来ている。例えば、MFM や、 $\frac{1}{2}$ RLC や (2,7)RLC 等が知られている。しかしながら、 $\frac{1}{2}$ RLC や (2,7)RLC 等の一部の高密度記録方式は、伝送路上、あるいは記録媒体上の 1 bit の誤りが復調後には 1 bit 以上の誤りとなる。すなわち誤り伝播の性質を示すことが知られている。

例えば、米国特許 4,115,768 に記載の ENCODER 及び DECODER に従う (2,7)RLC に於ては変調後のデータ 8 bit に対して DECODING 操作を行っている。このため変調後のデータ 1 bit の誤りが、復調時には 2 bit 或いはそれ以上の bit 誤りが付加された状態で復調される。

第 15 図は、積符号を従来の最大距離分離のインターリーブ回路によりインターリーブを行い、前記誤り伝播特性を示す変調方式による変調の後、記録、伝送を行った場合に記録媒体上や伝送路上の 1 bit 誤りの復調後の誤り伝播の状態を示す図である。第 15 図に於て  $\times$  印は記録媒体上或いは伝送路上の誤りによって直接に発生するシンボル

誤り、△印は誤り伝播によるシンボル誤りを表す。  
第15図に示す様に、従来のインターリーブ回路を用いた積符号に於ては、誤りの伝播はその隣接した次の列のシンボルに発生する。このため同一の列に複数の誤りが発生し、更に各誤りが誤り伝播した場合、前記複数の誤りがそれぞれ次の列に伝播されるため複数の伝播による誤りが同一の列に並び積符号の誤り訂正能力が大幅に減少するという問題点を有していた。

例えば、前記第13図の積符号を前記杉村の特許のアルゴリズムを用いて復号を行う場合、最小距離12の積符号の理論限界である5重誤り訂正、8重誤り検出が行える。しかしながら、この積符号を従来の最大距離分離のインターリーブ回路を用いてインターリーブを行った場合に誤り伝播が発生すると、記録媒体、或いは伝送路に於ける誤りが3個発生すると訂正不能になることがある。すなわち最小距離12の積符号にもかかわらず、2重誤り訂正、3重誤り検出の訂正能力を持つにすぎなくなる。第16図に3シンボル以下の誤り

が発生した場合のすべての誤りパターンを示す。  
第16図に於ては総ては総ての誤りが2シンボル誤りに誤り伝播した場合を示し、積符号全体に生じた本来の誤りの個数 $e$ と、第1の符号48における誤り伝播による誤りを含めた誤りの個数により場合(case)を分類している。そして第1の符号48の復号において生成される誤り個数フラグを各場合の下に示す。(ただし $\phi$ は記していない。)また、記録媒体、或いは伝送路上の本来の誤りを $\times$ 印、誤り伝播による誤りを $\triangle$ 印で表す。

これらの場合を復号モードに分類すると次のようになる。

(a) 復号モード1

1 0

(b) 復号モード2

4, 7, 9

(c) 復号モード3

1, 2, 3, 5, 6, 8

復号モード1の場合は、無条件に訂正不能の誤りを検出したことをアサートする。復号モード2と復

号モード3に類別された場合はすべて訂正が行なわれる。

以上の様に積符号を従来の最大距離分離のインターリーブ回路を用いて記録、或いは伝送を行った場合に、変調方式が誤り伝播特性を示すものである時、この積符号の誤り訂正能力が、実質的に大幅に減少するという問題点を有していた。

本発明はかかる点に鑑み、誤り伝播の影響を少なくし、積符号の誤り訂正能力の低下を最小限におさえるためのインターリーブ回路を提供することを目的とする。

問題点を解決するための手段

本発明は $(m \times n)$ の行列状に配置された記憶領域と、前記記憶領域の第1行、第1列のアドレスを $(R_1, C_1)$ とすると、以下の第1のアドレスシーケンス:

$$\begin{aligned} & (R_1, C_1), (R_2, C_1), (R_3, C_1), \dots, (R_m, C_1), \\ & (R_1, C_2), (R_2, C_2), (R_3, C_2), \dots, (R_m, C_2), \\ & \vdots \\ & (R_1, C_n), (R_2, C_n), (R_3, C_n), \dots, (R_m, C_n) \end{aligned}$$

を発生する第1のアドレス発生手段により、積符号を前記記憶領域に書き込み、以下の第2のアドレスシーケンス:

(以下空白)

$$\begin{aligned}
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし } k=1, 2, \dots, n, \quad J_1(k) \text{ は } n \text{ 以下の自然数,} \\ J_1(k_1) \neq J_1(k_2), \quad k_1, k_2 \in k, \quad k_1 \neq k_2 \end{array} \right) \\
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし } k=1, 2, \dots, n, \quad J_2(k) \text{ は } n \text{ 以下の自然数,} \\ J_2(k_1) \neq J_2(k_2), \quad k_1, k_2 \in k, \quad k_1 \neq k_2 \end{array} \right) \\
 & \dots \\
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし } k=1, 2, \dots, n, \quad J_m(k) \text{ は } n \text{ 以下の自然数,} \\ J_m(k_1) \neq J_m(k_2), \quad k_1, k_2 \in k, \quad k_1 \neq k_2 \end{array} \right) \\
 & \left( \begin{array}{l} \text{ただし,} \\ m_1, m_2 \in (1, 2, \dots, m), \quad m_1 \neq m_2 \\ k_1, k_2 \in (1, 2, \dots, n) \\ J_{m_1}(k_1) = J_{m_2}(k_2) \text{ ならば } J_{m_1}(k_1+1) \neq J_{m_2}(k_2+1) \end{array} \right) \\
 & \text{に對し}
 \end{aligned}$$

$=0$ ,  $\beta^3 + \beta + 1 = 0$  としたときのエレメントの表現を表1, 表2に示す。

本実施例は符号長15の第1の符号と符号長106の第2の符号より構成される積符号のインターリーブ回路である。第1図は(15×106)の行列状の記憶領域を表し、0~14の行アドレスと、 $\alpha$ の周期 $L_\alpha=15$ と $\beta$ の周期 $L_\beta=7$ が互いに素の関係にあるので $15 \times 7 = 105$ 種類の $GF(2^4)$ と $GF(2^3)$ の非零のエレメントの組合せと(0,0)を加えた計106の列アドレスとで $15 \times 106 = 1590$ のアドレス空間が構成されている。各記憶領域内の1~1590の数字は第1のアドレスシーケンスにより指定される記憶領域の順序を表している。以下にアドレスを(行アドレス, 列アドレス(a), 列アドレス(b))と表したときの第1のアドレスシーケンスを示す。

(0,0,0), (1,0,0), (2,0,0), …… (14,0,0),  
 (0, $\alpha$ , $\beta$ ), (1, $\alpha$ , $\beta$ ), (2, $\alpha$ , $\beta$ ), …… (14, $\alpha$ , $\beta$ ),  
 (0, $\alpha^2$ , $\beta^2$ ), (1, $\alpha^2$ , $\beta^2$ ), (2, $\alpha^2$ , $\beta^2$ ), …… (14, $\alpha^2$ , $\beta^2$ ),  
 (0, $\alpha^3$ , $\beta^3$ ), (1, $\alpha^3$ , $\beta^3$ ), (2, $\alpha^3$ , $\beta^3$ ), …… (14, $\alpha^3$ , $\beta^3$ ),

を発生する第2のアドレス発生手段により、前記記憶領域を読出すことによりインターリーブを行う手段と、復調データを前記第2のアドレス発生手段により前記記憶領域に書き込み、前記第1のアドレス発生手段により読出しを行うことによりデ・インターリーブを行う手段とを有するインターリーブ回路である。

#### 作 用

本発明は前記した構成により、積符号に於て、同一の列のシンボルに複数の誤りが発生し、更に各誤り伝播した場合、前記複数の誤りがそれぞれ相異なる列のシンボルに誤り伝播されるため、誤り伝播による積符号の誤り訂正能力の低下を最小限に防ぐことができる。

#### 実施例

第1図は本発明の実施例におけるインターリーブ回路の第1のアドレスシーケンスを説明する記憶領域図である。第1図に於て、 $\alpha$ ,  $\beta$ はそれぞれ $GF(2^4)$ ,  $GF(2^3)$ のエレメントであり、各々の周期は $L_\alpha=15$ ,  $L_\beta=7$ となる。 $\alpha^4 + \alpha + 1$

…  
 (0, $\alpha^{14}$ , $\beta^6$ ), (1, $\alpha^{14}$ , $\beta^6$ ), (2, $\alpha^{14}$ , $\beta^6$ ), …… (14, $\alpha^{14}$ , $\beta^6$ ),  
 (0,1,1), (1,1,1), (2,1,1), …… (14,1,1)

第2図は本発明の実施例におけるインターリーブ回路の第2のアドレスシーケンスを説明する記憶領域図である。各記憶領域内の1~1590の数字は第2のアドレスシーケンスにより指定される記憶領域の順序を表している。以下にアドレスを(行アドレス, 列アドレス(a), 列アドレス(b))と表したときの第2のアドレスシーケンスを示す。

(0,0,0), (0, $\alpha$ , $\beta$ ), (0, $\alpha^2$ , $\beta^2$ ), …… (0,1,1),  
 (1,0,0), (1, $\alpha$ , $\beta^2$ ), (1, $\alpha^2$ , $\beta^4$ ), …… (1,1,1),  
 (2,0,0), (2, $\alpha$ , $\beta^3$ ), (2, $\alpha^2$ , $\beta^4$ ), …… (2,1,1),  
 (3,0,0), (3, $\alpha$ , $\beta^4$ ), (3, $\alpha^2$ , $\beta$ ), …… (3,1,1),  
 (4,0,0), (4, $\alpha$ , $\beta^5$ ), (4, $\alpha^2$ , $\beta^5$ ), …… (4,1,1),  
 (5,0,0), (5, $\alpha^2$ , $\beta$ ), (5, $\alpha^4$ , $\beta^2$ ), …… (5,1,1),  
 (6,0,0), (6, $\alpha^2$ , $\beta^2$ ), (6, $\alpha^4$ , $\beta^4$ ), …… (6,1,1),  
 (7,0,0), (7, $\alpha^2$ , $\beta^3$ ), (7, $\alpha^4$ , $\beta^6$ ), …… (7,1,1),  
 (8,0,0), (8, $\alpha^2$ , $\beta^4$ ), (8, $\alpha^4$ , $\beta$ ), …… (8,1,1),



第 1 表

べき表現	ベクトル表現	べき表現	ベクトル表現
0	0 0 0 0	$a^7$	1 0 1 1
1	0 0 0 1	$a^8$	0 1 0 1
$a$	0 0 1 0	$a^9$	1 0 1 0
$a^2$	0 1 0 0	$a^{10}$	0 1 1 1
$a^3$	1 0 0 0	$a^{11}$	1 1 1 0
$a^4$	0 0 1 1	$a^{12}$	1 1 1 1
$a^5$	0 1 1 0	$a^{13}$	1 1 0 1
$a^6$	1 1 0 0	$a^{14}$	1 0 0 1

第 2 表

べき表現	ベクトル表現	べき表現	ベクトル表現
0	0 0 0	$\beta^3$	0 1 1
1	0 0 1	$\beta^4$	1 1 0
$\beta$	0 1 0	$\beta^5$	1 1 1
$\beta^2$	1 0 0	$\beta^6$	1 0 1

$(9, 0, 0), (9, a^2, \beta^5), (9, a^4, \beta^3), \dots, (9, 1, 1),$   
 $(10, 0, 0), (10, a^4, \beta), (10, a^8, \beta^2), \dots, (10, 1, 1),$   
 $(11, 0, 0), (11, a^4, \beta^2), (11, a^8, \beta^4), \dots, (11, 1, 1),$   
 $(12, 0, 0), (12, a^4, \beta^3), (12, a^8, \beta^6), \dots, (12, 1, 1),$   
 $(13, 0, 0), (13, a^4, \beta^4), (13, a^8, \beta), \dots, (13, 1, 1),$   
 $(14, 0, 0), (14, a^4, \beta^5), (14, a^8, \beta^3), \dots, (14, 1, 1)$

以上、第 2 のアドレスシーケンスは行列状の記憶領域の各行の先頭アドレスに第 2 図に示される乗数  $\{(a, \beta), (a, \beta^2), (a, \beta^3), \dots, (a^4, \beta^5)\}$  を乗ずることにより得られる。(但し、 $0 \times a^i = a^i$ ,  $0 \times \beta^i = \beta^i$  を特別に定義したガロア体の乗算を行う。)

以上、本発明の実施例の第 1 のアドレスシーケンスと第 2 のアドレスシーケンスの一般形を第 1 番目のアドレスを  $ADR(j) = \{ \text{行アドレス}, \text{列アドレス}(a), \text{列アドレス}(\beta) \}$  とし、次に示す。

ア) 第 1 のアドレスシーケンス

$$ADR(j) = \{ (j-1) \bmod 15, 0, 0 \} ; 1 \leq j \leq 15$$

$$\{ (j-1) \bmod 15, a^{\lfloor \frac{j-1}{15} \rfloor}, \beta^{\lfloor \frac{j-1}{15} \rfloor} \} ; 16 \leq j \leq 1590$$

イ) 第 2 のアドレスシーケンス

$$ADR(j) = \{ \lfloor \frac{j-1}{106} \rfloor, 0, 0 \} ; (j-1) \bmod 106 = 0$$

$$\{ \lfloor \frac{j-1}{106} \rfloor, a^{2^{\lfloor \frac{j-1}{530} \rfloor} \times ((j-1) \bmod 106)}, \beta^{\lfloor \frac{j-1}{106} \rfloor \bmod 5 + 1 \times ((j-1) \bmod 106)} \} ; (j-1) \bmod 106 \neq 0$$

(但し、 $\lfloor j \rfloor$  は  $j$  以下の最大の整数とする。)

第 3 図は本実施例のインターリーブ回路のブロック図である。第 3 図に於て、1 はインターリーブコントローラ、2 は記憶領域である。インターリーブコントローラ 1 はインターリーブ時、符号データ 7 を入出力バス 6 を介し、第 1 のアドレス

シーケンスに従った、行アドレス 3, 列(a)アドレス 4, 列(β)アドレス 5 を記憶領域 2 のアドレスとし、記録する。次に第 2 のアドレスシーケンスに従った、行アドレス 3, 列(a)アドレス 4, 列(β)アドレス 5 をアドレスとし、記憶領域 2 から入出力バス 6 を介して記録データ 9 として再生する。デ・インターリーブ時には復調データ 10 を入出力バス 6 を介し、第 2 のアドレスシーケンスに従った行アドレス 3, 列(a)アドレス 4, 列(β)アドレス 5 をアドレスとし記憶領域 2 に記録し、次に第 1 のアドレスシーケンスに従った行アドレス 3, 列(a)アドレス 4, 列(β)アドレス 5 をアドレスとし、記憶領域 2 から入出力バス 6 を介して復号データ 8 として再生する。記憶領域 2 は通常の RAM により構成できる。

第 4 図はインターリーブコントローラ 1 のブロック図である。11 はコントローラ、12 はアドレス発生器である。コントローラ 11 は、符号データ 7, 復号データ 8, 記録データ 9, 復調データ 10 及び入出力バス 6 の各バスの切換え

とアドレス発生器に対するコントロールを行なう。アドレス発生器12は第1、第2のアドレスシーケンスに従ったアドレスを発生する。第6図にアドレス発生器12を示す。

第6図に於て、14は $GF(2^4)$ における二乗演算を行う回路：SQR、15は $GF(2^3)$ において $\beta$ 倍の演算を行う回路 $\times\beta$ 、16は $GF(2^4)$ の乗算回路（但し $0 \times a^i = a^i$ の特殊解を出力する。）MLT4、17は $GF(2^3)$ の乗算回路（但し $0 \times \beta^i = \beta^i$ の特殊解を出力する。）MLT3、18は4 bitの14進カウンタ、19は4 bit並列のD-F.F（但しリセット信号27により $\alpha = (0, 0, 0, 0)$ を出力する）、20は3 bit並列のD-F.F（但しリセット信号26により $\beta = (0, 1, 0)$ を出力する）、21は4 bit並列のD-F.F（但しリセット信号28により $\alpha = (0, 0, 0, 0)$ を出力する）、また22は3 bit並列のD-F.F（但しリセット信号28により $\alpha = (0, 0, 0)$ を出力する）、23は前記19、20、21、22のD-F.Fのクロック29、30、31とリセット信号26、

乗数と行アドレスを変化させることにより得られる。第6図と第7図にそれぞれMLT3、17と $\times\beta$ 15の回路例を示す。MLT4、16、SQR14もそれぞれ同様の構成で実現できる。

以上の様に構成された本実施例のインターリーブ回路は、同一列の互いに異なるシンボルが誤った場合に各々が互いに異なる列のシンボルに誤り伝播する。このため誤り伝播による積符号の誤り訂正能力の低下を最小限に押えることができる。例えば、本実施例の積符号を従来の最大距離分離のインターリーブ回路を用いて前記杉村の特許のアルゴリズムにより復号した場合に誤り伝播が発生した時、前述のように2重誤り訂正、3重誤り検出の訂正能力を示すにすぎないが、本実施例のインターリーブ回路を用いて積符号を同様の杉村の特許のアルゴリズムにより復号を行った場合に誤り伝播が発生した時、4重誤り訂正、5重誤り検出の訂正能力を保持することができる。第8図に5シンボル以下の誤りが発生した場合のすべての誤りパターンを示す。第10図に於ては総ての誤り

27、28の制御を行うクロック生成回路である。第1のアドレスシーケンスを発生する場合のクロック29、30、31、32と、リセット信号26、27、28と、行アドレス3、列(a)アドレス4、列(b)アドレス5と、乗数24、25のタイミングを第8図に示す。第1のアドレスシーケンスは乗数（第5図の24、25）を $\alpha$ 、 $\beta$ に固定する。行アドレス3はデータの転送速度に一致したクロック32を入力する。また列アドレスのD-F.F21、22のクロック31は行アドレス3が初期化（リセット）する時に入力する。以上のコントロール信号をクロック生成回路23が生成することにより、第1のアドレスシーケンスが得られる。第9図に第2のアドレスシーケンスを発生する場合のクロック29、30、31、32とリセット信号26、27、28と行アドレス3、列(a)アドレス4、列(b)アドレス5と、乗数24、25のタイミングを示す。第2のアドレスシーケンスは、列アドレスのD-F.F21、22のクロック31をデータの転送速度に一致させ、各行が終るとに

が2シンボル誤りに誤り伝播した場合を示し、積符号全体に生じた本来の誤りの個数 $\circ$ と、第1の符号46に於ける誤り伝播による誤りを含めた誤りの個数により場合（case）を分類している。そして第1の符号46の復号において生成される誤り個数フラグを各場合の下に示す。（ただしF $\circ$ は記していない。）また、記録媒体、或いは伝送路上の本来の誤りを $\times$ 印、誤り伝播による誤りを $\Delta$ 印で表す。

これらの場合を復号モードに分類すると次のようになる。

(a) 復号モード1

27, 28, 29

(b) 復号モード2

4, 6, 8, 10, 14, 15, 16, 17(I), 17(II),  
19, 23, 24, 25, 26, 30(I), 30(II), 31(I),  
32(I), 33(I), 33(II)

(c) 復号モード3

1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 18,  
20, 21, 22, 31(II), 32(II), 33(III)

復号モード1の場合は無条件に訂正不能の誤りを検出したことをアサートする。復号モード2と復号モード3に類別された場合はすべて正常に訂正される。

以上の様に本実施例のインターリーブ回路は  $GF(2^5)$  と  $GF(2^4)$  のエレメントの組合せを記憶領域のアドレスとし、ガロア体上の演算を行うことによりアドレスを発生し、簡単な回路構成で誤り伝播の影響の少ないインターリーブを行える。

なお、本実施例の説明に杉村の特許のアルゴリズムによる復号法を使用したか、本発明は積符号の復号法にかかわらないものであることはいふまでもない。

#### 発明の効果

以上説明したように、本発明によれば、誤り伝播を起こす変調方式を用いた場合にも積符号の誤り訂正能力の低下を最小限に防ぐことのできるインターリーブ回路を簡単な回路構成で実現でき、その実用的効果は大きい。

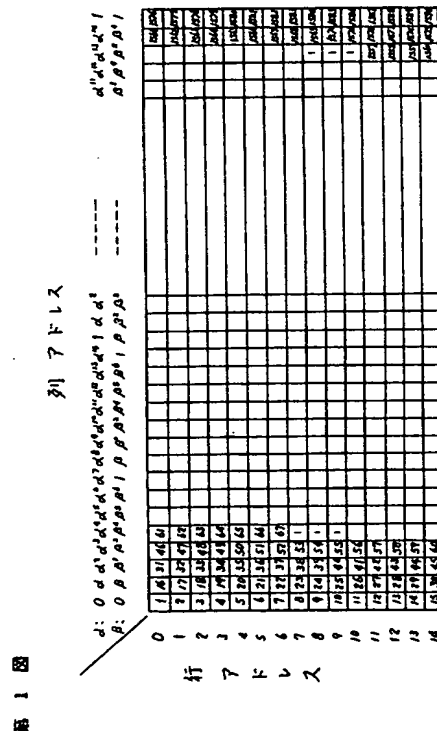
#### 図面の簡単な説明

記憶領域、3……行アドレス、4……列(a)アドレス、5……列(b)アドレス、11……コントローラ、12……アドレス発生器、16……MLT4、17……MLT3、18……14進カウンタ、23……クロック生成回路、33……第1の符号、34……第2の符号、39……インターリーブ回路、46……第1の符号、47……第2の符号。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

第1図は本発明における一実施例のインターリーブ回路の第1のアドレスシーケンスを説明する記憶領域図、第2図は同実施例の第2のアドレスシーケンスを説明する記憶領域図、第3図、第4図、第5図は同実施例のブロック図、第6図はMLT3の詳細回路図、第7図はXβの詳細回路図、第8図、第9図は同実施例の動作波形図、第10図は同実施例の効果を説明するための誤りパターン図、第11図は一般の積符号の符号原理図、第12図は本発明のインターリーブ回路が用いられる情報記録媒体の一般的な構成を示すブロック図、第13図は前記実施例と従来例のインターリーブ回路に用いられる積符号の符号原理図、第14図は積符号の復号例を説明する誤りパターン図、第15図は従来のインターリーブ回路を用いた時の誤り伝播の様子を説明する記憶領域図、第16図は従来のインターリーブ回路を用い誤り伝播が発生した時の積符号の復号例を説明する誤りパターン図である。

1……インターリーブコントローラ、2……

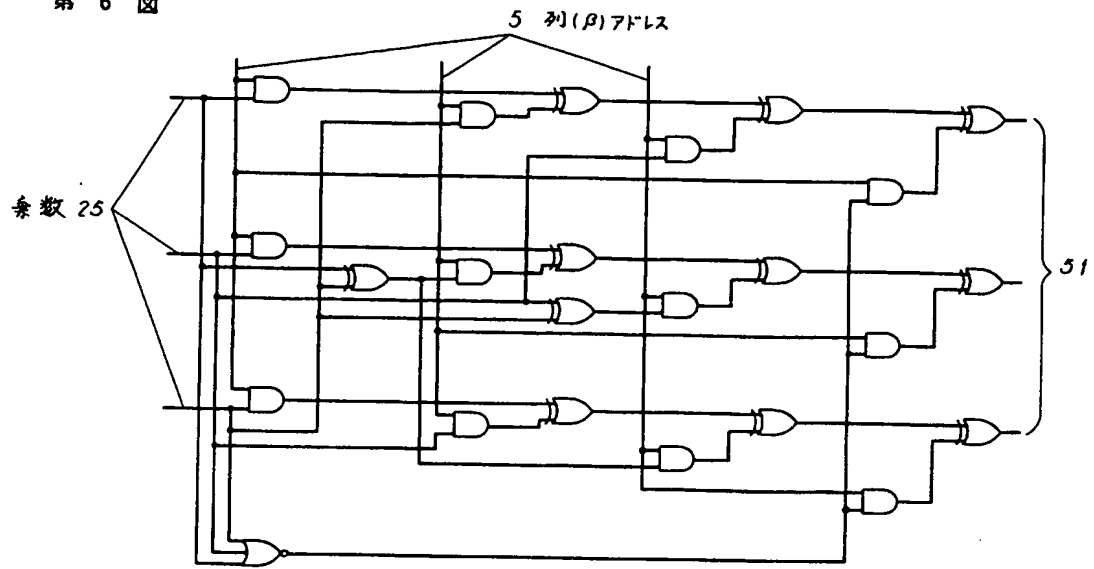


第 2 図

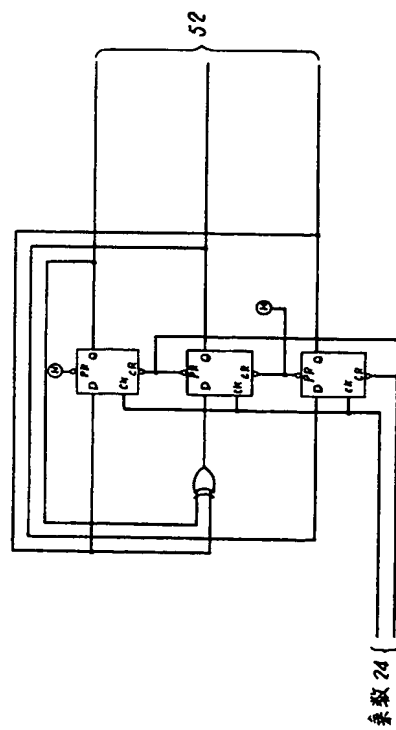
列アドレス

行数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	148
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

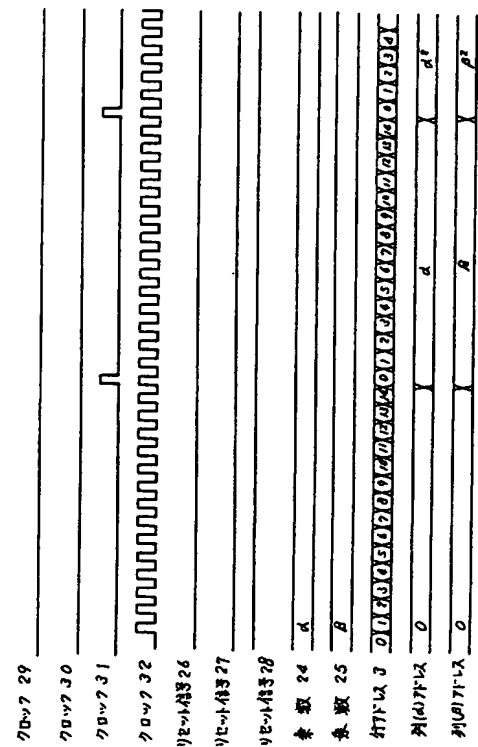
第 6 図



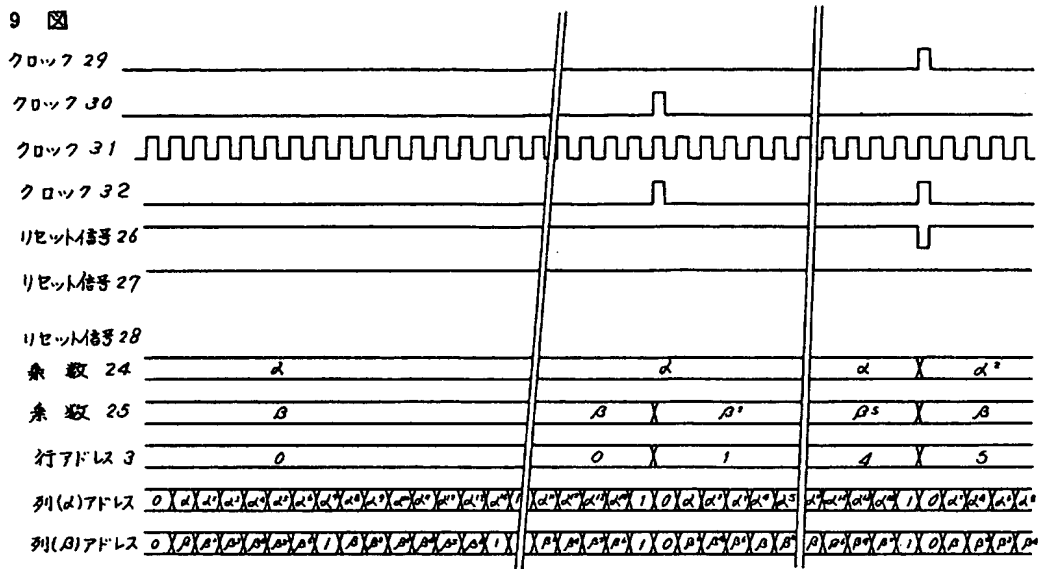
第 7 図



第 8 図

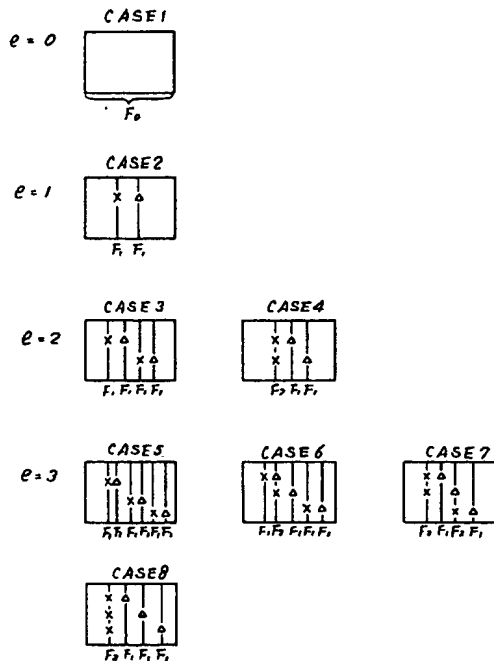


第 9 図



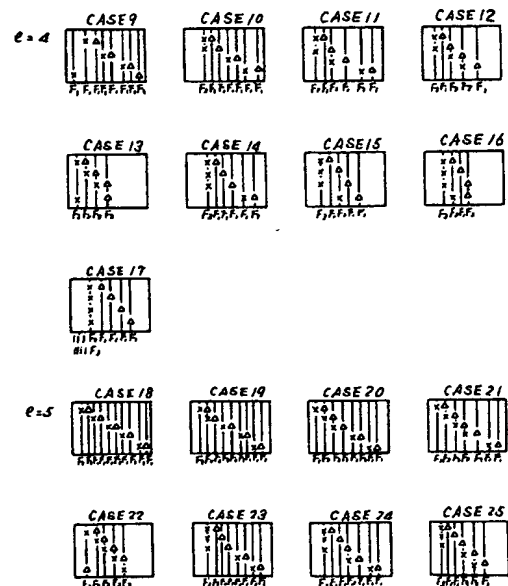
第 10 図

(2の1)



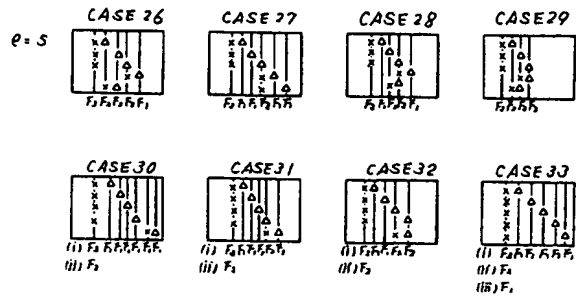
第 10 図

(2の2)

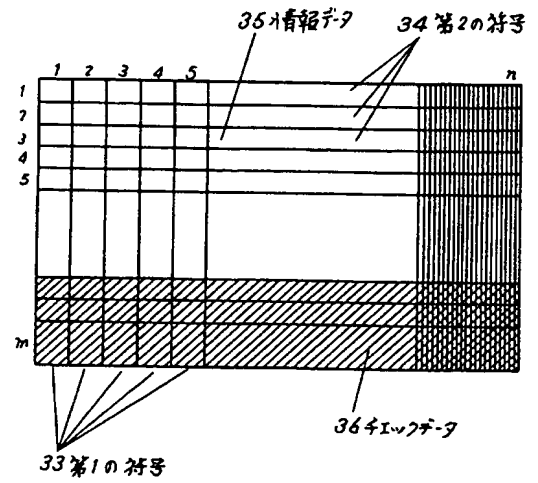


第 1 0 図

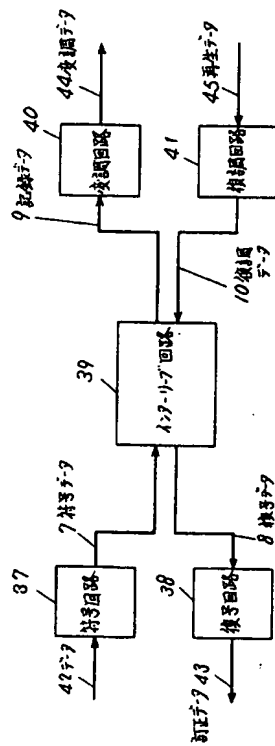
(その 3)



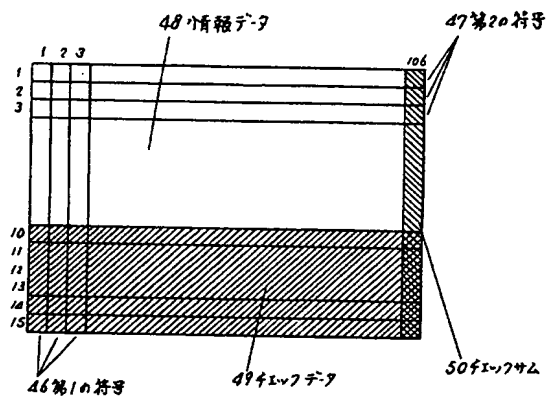
第 1 1 図



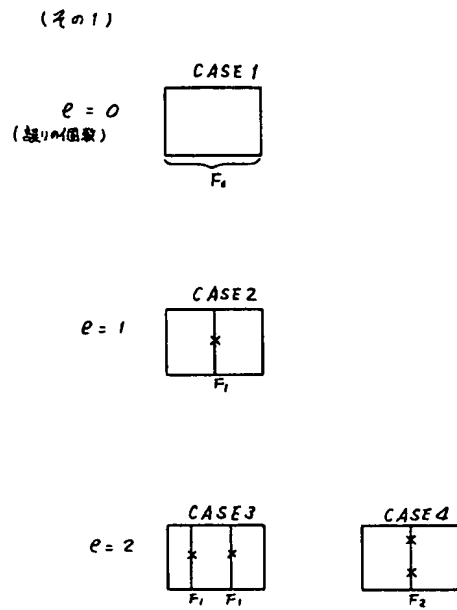
第 1 2 図



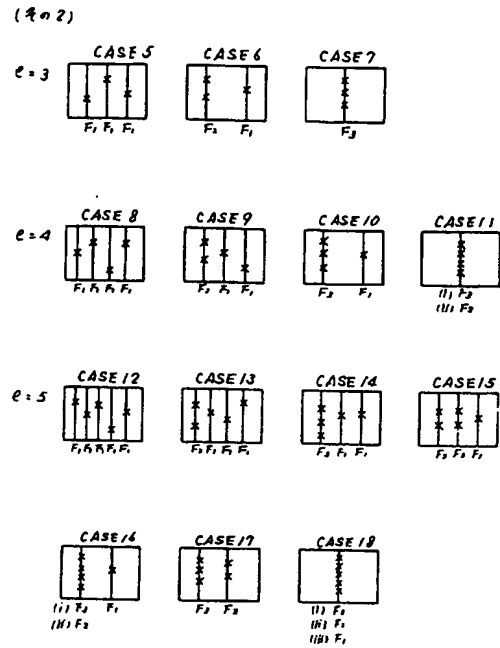
第 1 3 図



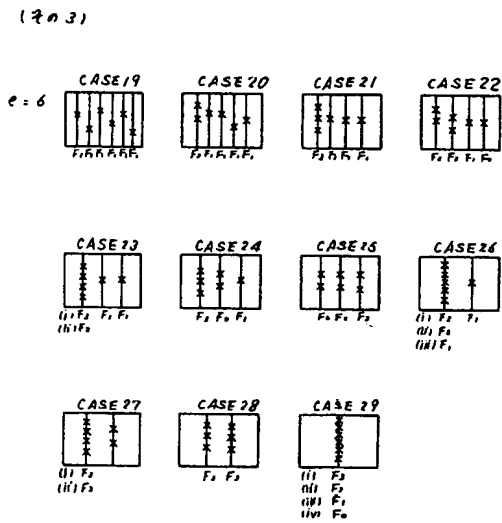
第 1 4 図



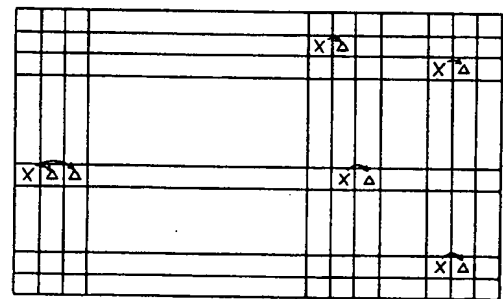
第 1 4 図



第 1 4 図



第 1 5 図



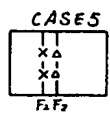
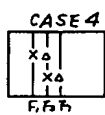
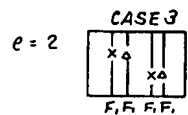
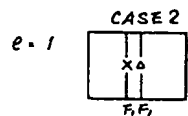
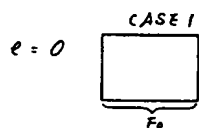
X 印：実際の誤り

Δ 印：誤り伝播による誤り



第 16 図

(その 1)



第 16 図

(その 2)

